

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift
⑯ ⑯ DE 197 20 649 A 1

⑯ Int. Cl. 6:
F 01 D 11/08
F 02 C 7/28
F 04 D 29/08
F 16 J 15/16

⑯ ⑯ Aktenzeichen: 197 20 649.2
⑯ ⑯ Anmeldetag: 16. 5. 97
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 19. 11. 98

⑯ ⑯ Anmelder:
MTU Motoren- und Turbinen-Union München
GmbH, 80995 München, DE

⑯ ⑯ Erfinder:
Werner, Klemens, 80999 München, DE; Gail, Alfons,
86316 Friedberg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Bürstendichtung

⑯ Bürstendichtung zum Abdichten eines Rotors gegen ein Gehäuse mit einer Bohrung, durch das sich der Rotor erstreckt, mit einer Frontplatte und einer Stützplatte, die an dem Gehäuse angebracht sind und zwischen denen eine Vielzahl von Borsten so gehalten sind, daß sie mit ihren freien Enden über eine Innenkante der Stützplatte vorstehen und eine Oberfläche des Rotors berühren, wobei die Innenkante der Stützplatte einen geringen Abstand zu der Oberfläche aufweist und die Stützplatte die Borsten gegen eine Durchbiegung stützt, wobei die Stützplatte so ausgebildet ist, daß die Borsten mit ihren Endabschnitten an einem Stützabschnitt der Stützplatte abzustützen sind und sich über ihre restliche Länge mit Abstand zur Stützplatte erstrecken.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Bürstendichtung zum Abdichten eines Rotors gegen ein Gehäuse mit einer Bohrung, durch das sich der Rotor erstreckt, mit einer Frontplatte und einer Stützplatte, die an dem Gehäuse angebracht sind und zwischen denen eine Vielzahl von Borsten so gehalten sind, daß sie mit ihren freien Enden über eine Innenkante der Stützplatte vorstehen und eine Oberfläche des Rotors berühren, wobei die Innenkante der Stützplatte einen geringen Abstand zu der Oberfläche aufweist und die Stützplatte die Borsten gegen eine Durchbiegung stützt.

Derartige Bürstendichtungen werden bspw. bei Gasturbinen eingesetzt, um den Zwischenraum zwischen einem Gehäuse und einem mit einer verhältnismäßig hohen Drehzahl rotierenden Rotor gegen Leckage abzudichten. Im allgemeinen erfolgt dieses in Anwesenheit von unter Druck stehendem, heißen Gas. Da sich unter diesen Bedingungen mit einfachen Gummiringdichtungen keine zufriedenstellende Dichtwirkung erzielen läßt, sind zahlreiche verschiedene Bürstendichtungen entwickelt worden. Bei diesen stehen die Enden der Borsten, die zu einem dichten Borstenpaket zusammengefaßt sind, über die Innenkante einer Innenbohrung der Stützplatte vor und dichten so einen möglichst kleinen zu haltenden Zwischenraum zwischen der Innenkante der Stützplatte und der Rotoroberfläche ab. Dieser Zwischenraum ist stets vorhanden, da sich die Abmessungen der Dichtung, des Gehäuses und des Rotors infolge von Wärmespannungen bzw. -dehnungen od. dgl. ändern können und somit aus Sicherheitsgründen ein Mindestspiel zwischen der Stützplatte und dem Rotor nicht unterschritten werden darf.

Liegt ein großer Differenzdruck an der Dichtung an, so stützt die auf der Niedrigdruckseite angeordnete Stützplatte die Borsten gegen eine Durchbiegung zur Niederdruckseite in einer parallel zur Rotorachse verlaufenden Richtung. Einer Durchbiegung der Borsten wird entgegengewirkt, weil durch diese deren radiale Länge verringert und somit der Zwischenraum zwischen der Innenkante der Stützplatte und der Rotoroberfläche geöffnet wird, was zu einem Anstieg der Leckage führt. Eine Durchbiegung der vorstehenden Borstenenden läßt sich jedoch nicht vermeiden.

Vor- und nachstehend wird unter einer Axialrichtung eine parallel zur Längsachse des Rotors verlaufende Richtung und unter einer Radialrichtung bzw. -ebene eine senkrecht zu dessen Längsachse verlaufende Richtung bzw. sich erstreckende Ebene verstanden.

Bei einer aus EP 0 453 315 bekannten Bürstendichtung dient die gesamte Stützplatte als Stützfläche, an der die Borsten bis auf ihre vorstehenden Enden über ihre gesamte restliche Länge anliegen. Zur Verbesserung der Dichtwirkung ist die Innenkante einer Innenbohrung der Stützplatte mit einer abtragbaren Materialschicht versehen, um die Stützfläche zu verlängern und die Borsten bis nahe an deren Spitzen abzustützen und gleichzeitig den Zwischenraum zwischen der Stützplatte und dem Rotor zu verringern.

Bei dieser Dichtung erweist sich jedoch insbesondere bei anliegendem Differenzdruck als nachteilig, daß die Borsten bei einer Auslenkung des Rotors, die bspw. aufgrund von Wärmespannungen bzw. -dehnungen auftreten kann, radial nach außen ausweichen, in dieser Lage infolge aerodynamischer Effekte jedoch auch nach Rückkehr des Rotors in die zentrische Position verbleiben. Durch das seitliche Ausweichen der Borsten wird der Zwischenraum zwischen der Stützplatte und dem Rotor geöffnet, so daß die Leckage deutlich ansteigt. Es ist bekannt, daß die Borsten dabei an der Stützplatte haften und sich erst nach vollständiger Entlastung, d. h. einem Differenzdruck von annähernd null, in ihre ursprüngliche Lage zurückbewegen und den Zwischen-

räumen wieder schließen bzw. abdichten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Bürstendichtung der eingangs beschriebenen Gattung so zu verbessern, daß auch bei hohen Differenzdrücken und Auslenkungen des Rotors eine gute Dichtwirkung erzielt wird.

Die Lösung der Aufgabe ist erfundungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß die Stützplatte so ausgebildet ist, daß die Borsten mit ihren Endabschnitten an einem Stützabschnitt der Stützplatte abzustützen sind und sich über ihre restliche 10 Länge mit Abstand zur Stützplatte erstrecken.

Hieraus ergibt sich der Vorteil, daß die Borsten lediglich mit ihren Endabschnitten an der Stützfläche abgestützt sind, wodurch ihre Flexibilität auch bei hohen Differenzdrücken deutlich vergrößert wird. Da die Borsten in ihren von der 15 Einspannstelle entfernten Endabschnitten ihre maximale Flexibilität aufweisen und zudem durch die strömende Leckluft ständig zu Schwingungen angeregt werden, folgen die Borsten der Rotorbewegung, d. h. sie werden bei dessen Auslenkung seitlich nach außen gedrückt und bewegen sich 20 unmittelbar nach der Rückkehr des Rotors in die zentrische Position in ihre ursprüngliche Lage zurück. Zudem bildet sich in dem Zwischenraum zwischen den Borsten und der Stützplatte durch die strömende Leckluft ein Luftpolster, was die Reibung zwischen den Borsten und der Stützfläche 25 vermindert und einem Haften der Borsten an der Stützplatte entgegenwirkt.

Die Endabschnitte der Borsten müssen nicht schon in ihrer Ruhelage an der Stützfläche der Stützplatte anliegen, sondern können erst bei anliegendem Differenzdruck gegen 30 dieses gedrückt werden. In einer bevorzugten Ausgestaltung sind die Borsten jedoch gegenüber einer Radialachse, d. h. einer radial zur Rotorlängsachse verlaufenden Achse, zur Stützplatte hin geneigt, damit eine definierte Anlage der Endabschnitte der Borsten an dem Stützabschnitt zu erzielen 35 ist. Bevorzugt sind die Borsten in einem Winkel von etwa 6° geneigt.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung erstreckt sich die Stützplatte von dem Einspannbereich der Borsten an mit axialem Abstand zu den Borsten und weist angrenzend an die Innenkante einer Innenbohrung in der Stützplatte einen zu den Borsten geneigten Bereich auf, an dessen innerer Seitenfläche ein Stützabschnitt ausgebildet ist, an dem die Endabschnitte der Borsten abzustützen sind.

Es ist vorteilhaft, daß die Länge der an dem Stützabschnitt abzustützenden Endabschnitte der Borsten maximal 45 ein Viertel von deren Gesamtlänge beträgt, da die Borsten in diesen von dem Einspannbereich entfernten Endabschnitten ihre maximale Flexibilität aufweisen, so daß die Borsten hier, trotz Anlage an dem Stützabschnitt, nach einer Ausweichbewegung sofort wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückfedern.

Weiterhin ist es vorteilhaft, daß die Innenkante der Frontplatte einen größeren Abstand zu der Oberfläche des Rotors aufweist. Zwar besteht auch zwischen der Innenkante der 55 Frontplatte und der Oberfläche des Rotors nur ein kleiner Zwischenraum, es können aber größere Fertigungstoleranzen zugelassen werden.

Bevorzugt sind die Borsten zwischen der Frontplatte und der Stützplatte einseitig eingespannt, so daß sie auf einfache 60 Weise mit verschiedenen Anstell- bzw. Neigungswinkeln zu einer Radialebene zwischen der Front- und der Stützplatte gehalten werden können, wenn eine definierte Anlage der Endabschnitte der Borsten an dem Stützabschnitt und somit ein bestimmter Anstell- bzw. Neigungswinkel gewünscht ist.

Es ist zweckmäßig, im Einspannbereich zwischen den Borsten und der Frontplatte und der Stützplatte jeweils ein Distanzstück anzuordnen, um so den Abstand bzw. die

Größe des Abstands zwischen den Borsten und der Stützplatte zuverlässig einzustellen. Diese kann auch durch eine entsprechende Ausbildung der Stützplatte, wie z. B. eine zur Niederdruckseite gerichtete Wölbung, erfolgen.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Im folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf eine Zeichnung (Fig. 1) näher erläutert, die eine schematische Querschnittsansicht eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Bürstendichtung zeigt, wobei Schraffuren der geschnittenen Teile aus Gründen der Klarheit weggelassen sind.

Fig. 1 zeigt eine im ganzen mit 1 bezeichnete Bürstendichtung, die in einem Gehäuse 2 eingespannt ist. Durch eine Bohrung 3 in dem Gehäuse 2 erstreckt sich ein Rotor 4, dessen Oberfläche mit 5 und dessen Längsachse mit 6 bezeichnet ist. Die Bürstendichtung 1 umfaßt im wesentlichen eine Frontplatte 7, eine Stützplatte 8 und eine Vielzahl von dicht gepackten Borsten 9, die zwischen der Frontplatte 7 und der Stützplatte 8 in 10 fest eingespannt sind. Bei einem an der Bürstendichtung 1 anliegenden Differenzdruck ist die Frontplatte 7 auf der Hochdruckseite und die Stützplatte 8 auf der Niederdruckseite angeordnet. Die einseitig eingespannten Borsten 9 erstrecken sich zwischen der Frontplatte 7 und der Stützplatte 8 und stehen mit ihrem freien, von der Einspannstelle 10 entfernten Enden 11 über die Innenkanten 12 bzw. 13 der Frontplatte 7 und der Stützplatte 8 vor. Die Borsten 9 berühren mit ihren Enden 11 die Oberfläche 5 des Rotors 4 und dichten so einen ringförmigen Zwischenraum 14 zwischen der Innenkante 12 der Stützplatte 8 und der Oberfläche 5 des Rotors 4 ab.

Die Frontplatte 7 und die Stützplatte 8 weisen jeweils eine zur Längsachse 6 des Rotors 4 koaxiale Innenbohrung auf, so daß deren Innenkanten 12 bzw. 13 Abstand zur Oberfläche 5 des Rotors 4 haben. Auch die Innenkante 12 der Frontplatte 7 besitzt nur ein verhältnismäßig geringes Spiel zur Rotoroberfläche 6. Die Borsten 9, die aus verschiedenen, dem Fachmann bekannten Materialien bestehen können, werden dadurch vor Beschädigungen beim Handling und durch Luftwirbel während des Betriebs geschützt.

Die Stützplatte 8 weist im vorliegenden Ausführungsbeispiel einen sich in einer Radialebene zur Rotorachse 6 erstreckenden, ersten Abschnitt 15 auf, dessen Außenfläche 16 zur paßgenauen Anbringung der Bürstendichtung 1 an dem Gehäuse 2 parallel zu einer Außenfläche 17 der Frontplatte 7 ist. Die Frontplatte 7 und die Stützplatte 8 weisen ferner jeweils einen rechtwinklig nach innen abgewinkelten Abschnitt auf, welche jedoch vorliegend ohne Bedeutung und nur der Vollständigkeit halber erwähnt sind.

Ein an die Innenkante 13 der Stützplatte 8 angrenzender Bereich 18 der Stützplatte 8 ist zu den Borsten 9 hin geneigt, wobei an dessen Innenseite 19 eine Stützfläche 20 ausgebildet ist, an der die Borsten 9 mit ihren Endabschnitten 21 abzustützen sind. Wie an der Einspannstelle 10 zu erkennen ist, ist zwischen den Borsten 9 und der Frontplatte 7 sowie der Stützplatte 8 ein Distanzstück 24 vorgesehen, das im Querschnitt die Form eines offenen Rings besitzt. Die Borsten 9 sind in diesem Ausführungsbeispiel in Bezug zu einer Radialebene 22 zur Stützplatte 8 hin geneigt. Der Winkel beträgt etwa 6°. Auf diese Weise läßt sich eine definierte Anlage der Endabschnitte 21 der Borsten 9 an der Stützfläche 20 der Stützplatte 8 erzielen. Diese Maßnahme ist jedoch nicht zwingend, da die Endabschnitte 21 auch erst durch den Differenzdruck gegen die Stützfläche 20 gedrückt werden können.

Die radiale Länge l der Stützfläche 20 der Stützplatte 8 beträgt etwa ein Fünftel der freien (Gesamt-)Länge L der Borsten 9, so daß sich die Borsten 9 über einen großen Be-

reich ihrer Länge L unter Bildung eines Zwischenraums 23 mit Abstand zur Innenfläche 19 der Stützplatte 8 erstrecken.

Da die Borsten 9 in ihren von der Einspannstelle 10 entfernten Endabschnitten 21 am flexibelsten sind und zudem durch die in den Zwischenraum 23 strömende Leckluft ständig zu Schwingungen angeregt werden, weichen die Borsten 9 bei einer Auslenkung des Rotors 4 aus seiner zentrischen Position seitlich aus, bewegen sich aber nach dem Wegfall der die Auslenkung des Rotors 4 bewirkenden Ursache, wie z. B. Wärmespannungen, unmittelbar mit dem Rotor 4 zurück in ihre ursprüngliche Lage. Durch ein sich in dem Zwischenraum 23 bildendes Luftpolster wird darüber hinaus die Reibung zwischen den Endabschnitten 21 der Borsten 9 und des Stützabschnitts 20 der Stützplatte 8 verringert. Aufgrunddessen ist auch bei anliegendem Differenzdruck und Auslenkungen des Rotors 4 eine gute Dichtwirkung der Bürstendichtung 1 gewährleistet, so daß kein erheblicher Anstieg der Leckage auftritt.

Patentansprüche

1. Bürstendichtung zum Abdichten eines Rotors gegen ein Gehäuse mit einer Bohrung, durch das sich der Rotor erstreckt, mit einer Frontplatte und einer Stützplatte, die an dem Gehäuse angebracht sind und zwischen denen eine Vielzahl von Borsten so gehalten sind, daß sie mit ihren freien Enden über eine Innenkante der Stützplatte vorstehen und eine Oberfläche des Rotors berühren, wobei die Innenkante der Stützplatte einen geringen Abstand zu der Oberfläche aufweist und die Stützplatte die Borsten gegen eine Durchbiegung stützt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stützplatte (8) so ausgebildet ist, daß die Borsten (9) mit ihren Endabschnitten (21) an einem Stützabschnitt (20) der Stützplatte (8) abzustützen sind und sich über ihre restliche Länge (L-l) mit Abstand zur Stützplatte (8) erstrecken.
2. Bürstendichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Stützplatte (8) mit axialem Abstand zu den Borsten (9) erstreckt und angrenzend an die Innenkante (13) einer Innenbohrung in der Stützplatte (8) einen zu den Borsten (9) geneigten Bereich (18) aufweist, an dessen innerer Seitenfläche (19) ein Stützabschnitt (20) ausgebildet ist, an dem die Endabschnitte (21) der Borsten (9) abzustützen sind.
3. Bürstendichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Borsten (9) gegenüber einer Radialebene (22) zur Stützplatte (8) hin geneigt sind.
4. Bürstendichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Borsten (9) in einem Winkel von etwa 6° geneigt sind.
5. Bürstendichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge (l) der an dem Stützabschnitt (20) abzustützenden Endabschnitte (21) der Borsten (9) maximal ein Viertel von deren Gesamtlänge (L) beträgt.
6. Bürstendichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge (l) etwa 2 mm beträgt.
7. Bürstendichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenkante (12) der Frontplatte (7) einen größeren Abstand zu der Oberfläche (5) des Rotors (4) aufweist als die Innenkante (13) der Stützplatte (8).
8. Bürstendichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Borsten (9) mit ihren von den freien Enden (11) entfernten Enden zwischen der Frontplatte (7) bzw. der Stützplatte (8) eingespannt sind.

9. Bürstendichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß im Einspannbereich (10) zwischen den Borsten (9) und der Frontplatte (7) und der Stützplatte (8) jeweils ein Klemmstück (24) angeordnet ist.

5

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG.1

